

Eficiência de Utilização da Energia Metabolizável para Manutenção e Ganho de Peso e Exigências de Energia Metabolizável e de Nutrientes Digestíveis Totais de Bovinos Nelore Não-Castrados¹

Fabiano Ferreira da Silva², Sebastião de Campos Valadares Filho³, Luís Carlos Vinhas Ítavo⁴,
Cristina Mattos Veloso², Mário Fonseca Paulino³, Paulo Roberto Cecon⁵,
Eduardo Bevitori Kling de Moraes⁷, Pedro Veiga Rodrigues Paulino⁷

RESUMO - Foram utilizados 40 novilhos Nelore inteiros, com peso vivo médio inicial de 240 kg, sendo quatro novilhos de referência, quatro alimentados para manutenção e o restante distribuído em oito tratamentos, com quatro diferentes níveis de concentrado nas dietas (20, 40, 60 e 80%) e dois níveis de proteína bruta (PB) (15 e 18%). O consumo de matéria seca (MS) suficiente para manter o equilíbrio de energia foi calculado dividindo-se o consumo de energia metabolizável (EM) suficiente para manutenção, de 131,92 kcal/kg PCVZ^{0,75}, pela concentração de EM (kcal/kg de MS) da dieta, em cada tratamento. A concentração de energia líquida de cada ração para manutenção (ELm) foi obtida dividindo-se a produção de calor em jejum, 83,70 kcal/kg PCVZ^{0,75}, pelo consumo de MS, para manter o equilíbrio de energia, expresso em g de MS/kg PCVZ^{0,75}. O consumo de energia metabolizável (EM) suficiente para manutenção e a produção de calor em jejum foram obtidos experimentalmente com os mesmos animais deste experimento. A concentração de ELg foi calculada dividindo-se a energia retida por dia, em kcal/kg PCVZ^{0,75}, pelo consumo de MS acima das necessidades de manutenção, expresso em g MS/kg PCVZ^{0,75}. As eficiências de utilização da EM (EUEM) para manutenção (km) e ganho de peso (kf) foram estimadas a partir da relação entre os teores de energia líquida, para manutenção ou ganho, respectivamente, em função da EM da dieta, e a kf também foi estimada como o coeficiente de regressão linear entre a energia retida e o consumo de EM, juntamente com os dados relativos aos animais designados de manutenção. Os requisitos de EM para manutenção e ganho foram obtidos pelas relações entre as exigências líquidas e as respectivas EUEM. As exigências de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculadas dividindo-se as exigências de EM por 0,82, obtendo-se as exigências de energia digestível (ED) e, posteriormente, dividindo-se as exigências de ED por 4,409. A eficiência de utilização da EM para manutenção (km) foi calculada em 0,63. As eficiências de utilização da EM para ganho (kf) foram estimadas em 0,30; 0,35; 0,38; e 0,43, respectivamente, para as concentrações de EM da dieta de 2,65; 2,84; 2,92 e 2,90 Mcal/kg de MS, obtidas para os níveis de 20, 40, 60 e 80% de concentrado. As exigências de EM, ED e NDT para manutenção foram calculadas em 132,9 e 162,0 kcal/kg PCVZ^{0,75} e 36,7 g/kg PCVZ^{0,75}, respectivamente.

Palavras-chave: eficiência de utilização, energia metabolizável, Nelore

Efficiency of Metabolizable Energy Utilization for Maintenance, Weight Gain, Metabolizable Energy and Total Digestible Nutrients Requirements of Nellore Bulls

ABSTRACT - Forty Nellore bulls, with average initial live weight (LW) of 240 kg, were used. Four reference bulls and four bulls fed for maintenance were used, and the remaining was assigned to eight treatments, with four different concentrate levels in the diets (20; 40; 60 and 80%) and two levels of crude protein (CP) (15 and 18%). The dry matter (DM) intake enough to maintain the energy balance was calculated dividing the metabolizable energy (ME) consumption enough for maintenance, of 131.92 kcal/kg EBW^{0.75}, by the ME concentration (kcal/kg of DM) of the diet, in each treatment. The net energy concentration of each ration for maintenance (NE_m) was obtained by dividing the heat production in fasting, 83.70 kcal/kg EBW^{0.75}, by the DM consumption to maintain the energy balance, expressed in g of DM/kg EBW^{0.75}. The metabolizable energy (ME) consumption enough for maintenance and the heat production in fasting were obtained experimentally with the same animals of this experiment. The NE_g concentration was calculated by dividing the energy retained per day, in kcal/kg EBW^{0.75}, by the DM consumption above the maintenance needs, expressed in g DM/kg EBW^{0.75}. The ME efficiencies of utilization (MEEU) for maintenance (km) and for weight gain (kf) were calculated from the relationship among the net energy concentration, for maintenance or gain, respectively, in function of the ME of the diet and the kf was also calculated as the linear regression coefficient between retained energy and the ME intake, together with the data of the maintenance animals. The ME requirements for maintenance and gain were obtained by the relationship between the net demands and the respective MEEU. The total digestible nutrients (TDN) requirements were calculated dividing the ME requirements by 0.82, obtaining the digestible energy (DE) demands and, later, dividing the DE requirements by 4.409. The MEEU for maintenance (km) was 0.63 and the MEEU for gain (kf) were 0.30, 0.35, 0.38, and 0.43, respectively, for diet ME concentrations of 2.65, 2.84, 2.92, and 2.90 Mcal/kg of DM, obtained for the concentrate levels of 20, 40, 60 and 80%. ME, DE and TDN maintenance requirements were 132.9 and 162.0 kcal/kg EBW^{0.75}, and 36.7 g/kg EBW^{0.75}, respectively.

Key Words: efficiency of utilization, metabolizable energy, Nellore

¹ Parte da tese de Doutorado em Zootecnia apresentada pelo primeiro autor à UFV. Financiada pela FAPEMIG.

² Professor do curso de Zootecnia - UESB - Pc. Primavera, 40 - Itapetinga, BA 45700-000. E.mail: ffsilva@uesb.br; cmveloso@uesb.br

³ Professor do Departamento de Zootecnia - UFV - Viçosa, MG. E.mail: svcfilho@ufv.br

⁴ Professor da Universidade Católica Dom Bosco - Campo Grande, MS. E.mail: itavo@ucdb.br

⁵ Professor do Departamento de Medicina Veterinária - UFV - Viçosa, MG. E.mail: svcfilho@ufv.br

⁶ Professor do Departamento de Informática - UFV - Viçosa, MG.

⁷ Mestrando em Zootecnia/UFV - Viçosa, MG. E.mail: eg35439@correio.ufv.br; edukling@bol.com.br

Introdução

Apesar de já terem sido publicados e analisados vários dados sobre exigências nutricionais de bovinos no Brasil (Boin, 1995; Fontes, 1995; Valadares Filho, 1995), existe uma carência de fatores para a conversão das exigências líquidas em exigências dietéticas. Na formulação de rações, ainda são utilizadas tabelas de exigências nutricionais determinadas em outros países, nos quais os resultados de pesquisa revelam diferenças nos requisitos entre raças e categorias de bovinos, estado fisiológico, regiões e, até mesmo, estações do ano.

A partir do conhecimento dos requisitos líquidos e levando-se em consideração os fatores de eficiência de utilização da energia do alimento para manutenção e ganho, são obtidas as exigências dietéticas. Portanto, o conhecimento da eficiência de utilização da energia metabolizável (EUEM) da dieta é necessário para determinação das exigências de energia metabolizável e de nutrientes digestíveis totais (NDT).

Segundo Silva & Leão (1979), as exigências energéticas dos animais são as de mais difícil determinação, porque a EUEM é variável para os diferentes processos fisiológicos, além do fato destes requisitos serem influenciados pelo clima, trabalho muscular e, principalmente, pela concentração de EM da dieta.

As estimativas das EUEM para manutenção (k_m) e ganho (k_f) são obtidas a partir de equações não-lineares entre a ELM e a energia metabolizável (EM) da dieta e entre a ELg e a EM da dieta, respectivamente (Garrett, 1980a,b). A k_f também pode ser estimada como o coeficiente de regressão linear entre a energia retida (ER) e o consumo de energia metabolizável (CEM), segundo o NRC (1996) e Ferrell & Jenkins (1998a,b).

A eficiência de utilização da energia metabolizável da ração não está muito bem estabelecida para ruminantes. O NRC (1984) mostra valores de eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção variando de 57,6 a 68,6% e, para ganho, de 29,6 a 47,3%, conforme os teores de EM da ração. Garrett (1980a) relatou que resultados experimentais mostraram que a eficiência de utilização da EM na síntese de proteína variou entre 10 e 40%, enquanto para síntese de gordura, entre 60 e 80%.

As variações no balanço da energia são dependentes do nível de ingestão de alimentos, que é influenciado por interações entre os alimentos, deno-

minadas efeito associativo. A adição de concentrado a dietas volumosas aumenta parcialmente a EUEM para manutenção e ganho (NRC, 1984), em virtude das reduções da produção de metano, da ruminação e do incremento calórico (Van Soest, 1994). A eficiência de utilização da energia ingerida tende a ser maior para dietas concentradas, quando comparadas a volumosas, devido aos menores requisitos líquidos para manutenção (ARC, 1980). Também, alimentos volumosos de melhor qualidade são mais eficientes que os de pior qualidade (Van Soest, 1994).

Diferenças nas taxas metabólicas dos vários órgãos e vísceras também podem influenciar a utilização da energia. Catton & Dhuyvetter (1997) relataram que os tecidos viscerais, embora compreendam pequena porção do peso corporal, consomem, aproximadamente, 50% da energia para manutenção. Por outro lado, o tecido muscular, que constitui cerca de 41% da massa corporal, consome apenas 23% do total da energia requerida para manutenção.

Garrett (1980a) relatou que resultados experimentais mostraram que a eficiência de utilização da EM na síntese de proteína variou entre 10 e 40%, enquanto para síntese de gordura, entre 60 e 80%. Segundo Rattray & Joyce (1976), os ganhos de peso associados com altas deposições de gordura foram energeticamente mais eficientes, porém menos eficientes em relação à conversão de alimentos em peso vivo, quando comparados a ganhos com pequena deposição de gordura. Isto ocorre porque os tecidos adiposos, nos quais ocorre grande parte do aumento de peso vivo, contêm teores mais elevados de matéria seca (Lana, 1991) que os músculos (80 x 30%, aproximadamente).

O objetivo deste trabalho foi determinar a eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso e as exigências de energia metabolizável e de nutrientes digestíveis totais para bovinos Nelore não-castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado e de proteína.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG. Foram utilizados 40 novilhos Nelore não-castrados, com peso vivo médio inicial de 240 kg. Quatro novilhos foram abatidos após o período de adaptação de 30 dias (grupo referência), servindo de referência nos estudos subsequentes. Quatro novi-

lhos foram alimentados com uma dieta contendo 60% de concentrado e 15% de proteína bruta (PB) em quantidade restrita de 1,2% do peso vivo (grupo manutenção), para atender os requisitos energéticos de manutenção, calculados segundo o NRC (1996). Os 32 animais restantes foram pesados e distribuídos em oito tratamentos, com diferentes níveis de concentrado nas dietas (20, 40, 60 e 80%) e dois níveis de PB (15 e 18%), na base da MS, em esquema fatorial 4 x 2 (níveis de concentrado x níveis de proteína), em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições na fase de recria e duas repetições na fase de engorda. A fase de recria foi avaliada dos 240 aos

360 kg de peso vivo e a fase de engorda, dos 360 aos 450 kg de peso vivo. O volumoso foi composto de feno de gramínea *Cynodon dactylon* (L) Pears. cultivar Tifton 85. As rações foram formuladas de acordo com o NRC (1996) e para conter próximo de 32% de compostos nitrogenados não-protéicos. A proporção dos ingredientes e a composição bromatológica das dietas e do feno encontram-se na Tabela 1 e 2.

Os alimentos foram fornecidos à vontade, uma vez ao dia, e ajustados de forma a manter sobras em torno de 5 a 10% do fornecido, com água permanentemente à disposição dos animais. Foi realizada uma

Tabela 1 - Proporção dos ingredientes nos concentrados, na base da matéria natural
Table 1 - Ingredients proportion in the concentrate, as fed basis

Nível de concentrado (%) Concentrate level	20		40		60		80	
	15	18	15	18	15	18	15	18
Teor de PB CP content								
Fubá de milho, % Corn	88,72	59,74	91,96	77,10	93,05	83,20	95,37	86,16
Farelo de soja, % Soybean meal	4,75	32,44	4,38	18,35	4,03	13,50	1,76	11,01
Uréia, % Urea	2,93	4,65	1,58	2,43	1,16	1,70	1,25	1,35
Calcário calcítico, % Limestone	0,045	0,02	0,54	0,79	0,88	0,87	1,04	1,04
Fosfato bicálcico, % Dicalcium phosphate	2,78	2,42	1,12	0,94	0,57	0,45	0,33	0,20
Sal comum, % Salt	0,70	0,65	0,38	0,36	0,28	0,26	0,23	0,21
Premix mineral, g/100 kg ¹ Mineral premix	84,04	84,04	42,02	42,02	28,00	28,00	21,00	21,00

¹ Composição (Composition): Sulfato de zinco (Zinc sulfate), 80,00%; Sulfato de cobre (Copper sulfate), 19,00%; Iodato de potássio (Potassium iodide), 0,50%; Sulfato de cobalto (Cobalt sulfate), 0,25%; Selenito de sódio (Sodium selenite), 0,25%.

Tabela 2 - Teores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas experimentais e do feno

Table 2 - Average contents of dry matter (DM), crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF) and total digestible nutrients (TDN) of the experimental diets and hay

Nível de concentrado (%) Concentrate level	20		40		60		80		Feno Hay
	15	18	15	18	15	18	15	18	
Teor de PB CP content									
MS (DM), %	88,21	88,28	88,05	88,09	87,79	87,92	87,58	87,67	88,55
PB (CP) ¹	15,67	18,85	15,10	17,63	15,11	18,26	14,52	17,11	14,09
EE ¹	2,30	2,05	3,03	1,76	2,46	2,13	1,95	1,93	1,93
FDN (NDF) ^{1,2}	62,37	60,60	48,62	46,46	37,90	34,62	25,94	19,65	74,47
NDT (TDN) ^{1,3}	73,80	73,16	77,73	79,33	79,61	81,46	81,94	78,39	61,68

¹ % na matéria seca (% in dry matter).

² FDN corrigida para cinzas e proteína (NDF corrected for ash and protein).

³ Obtido em ensaio de digestibilidade com os mesmos animais (Itavo, 2001) (Obtained from the digestibility experiment with the same animals).

pesagem dos animais no início do experimento e, periodicamente, a cada 28 dias. À medida que um animal se aproximava do peso de abate preestabelecido, 360 ou 450 kg (recria e engorda, respectivamente), era pesado a intervalos menores (7 dias). Após o abate, o trato gastrointestinal foi pesado e seu peso foi somado aos dos órgãos e das demais partes do corpo (carcaça, cabeça, couro, cauda, pés e sangue), para determinação do peso de corpo vazio (PCVZ). Os conteúdos corporais de gordura, proteína e água foram determinados em função das concentrações percentuais destes nos órgãos, nas vísceras, no couro, no sangue, na cauda, na cabeça, nos pés e nos constituintes separados (gordura, músculos e ossos) da seção HH.

As concentrações de energia líquida das dietas foram calculadas segundo Harris (1970). Os valores de EM da dieta foram calculados considerando-se que 1 kg de NDT é igual a 4,409 Mcal de energia digestível (ED) e 1 Mcal de ED, a 0,82 Mcal de EM (Silva & Leão, 1979).

O consumo de MS suficiente para manter o equilíbrio de energia foi calculado dividindo-se o consumo de EM suficiente para manutenção, de 131,92 kcal/kg PCVZ^{0,75} (Silva, 2001), pela concentração de EM (kcal/kg de MS) da dieta, em cada tratamento.

A concentração de energia líquida de cada dieta para manutenção (EL_m) foi obtida dividindo-se a produção de calor em jejum, 83,70 kcal/kg PCVZ^{0,75}, pelo consumo de MS, para manter o equilíbrio de energia, expresso em g de MS/kg PCVZ^{0,75}; enquanto o consumo de MS acima das necessidades de manutenção foi obtido subtraindo-se do consumo total de MS (g de MS/kg PCVZ^{0,75}) o consumo de MS suficiente para o equilíbrio de energia (g de MS/kg PCVZ^{0,75}), para cada dieta. A concentração de EL_g foi calculada dividindo-se a energia retida por dia, em kcal/kg PCVZ^{0,75}, pelo consumo de MS acima das necessidades de manutenção, expresso em g MS/kg PCVZ^{0,75}.

As EUEM para manutenção (k_m) e ganho de peso (k_f) foram estimadas a partir da relação entre os teores de energia líquida, para manutenção ou ganho, respectivamente, em função da EM da dieta, segundo Garrett (1980b), sendo que a k_f também foi estimada como o coeficiente de regressão linear entre a ER e o CEM, para os animais de cada tratamento, segundo o NRC (1996) e Ferrell & Jenkins (1998a,b), juntamente com os dados relativos aos animais alimentados para manutenção.

Os requisitos de EM para manutenção e ganho foram obtidos pelas relações entre as exigências líquidas e as respectivas EUEM, estimadas segundo Garrett (1980b). As exigências de NDT foram calculadas dividindo-se as exigências de EM por 0,82 (Silva & Leão, 1979), obtendo-se as exigências de energia digestível (ED) e, posteriormente, dividindo-se as exigências de ED por 4,409.

As exigências para ganho de 1 kg de PCVZ foram multiplicadas pelo fator 0,96 para se obterem as exigências líquidas para ganho de 1 kg de peso vivo (PV), conforme relação obtida entre ganho de peso de corpo vazio e ganho de peso vivo (Silva, 2001). A relação entre o peso vivo e o PCVZ, obtida neste experimento, foi: $PCVZ = PV \times 0,8975$.

As determinações de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e fibra em detergente neutro (FDN) foram feitas conforme técnicas descritas por Silva (1990). Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram obtidos em ensaio de digestibilidade com os mesmos animais deste experimento (Ítavo, 2001), utilizando a fórmula $NDT (\%) = PB \text{ digestível} + FDN \text{ digestível} + \text{carboidratos não fibrosos digestíveis} + (EE \text{ digestível} \times 2,25)$, conforme recomendação de Sniffen et al. (1992).

Resultados e Discussão

Na Tabela 3 são apresentados os teores de NDT, as concentrações de EM das dietas e os valores calculados de EL_m e EL_g, além das k_m e k_f calculadas, e as estimativas das k_f , segundo o NRC (1996) e Ferrell & Jenkins (1998a,b). Os valores calculados referem-se aos obtidos partir dos dados do presente trabalho e os estimados segundo o NRC (1996), utilizando-se dados do presente trabalho.

Utilizando a equação de Garrett (1980a), recomendada pelo NRC (1996), a estimativa da concentração de EL_m de uma ração com teor de EM de 2,60 e 2,90 Mcal/kg MS é de 1,69 e 1,94 Mcal/kg MS, respectivamente, e a estimativa da concentração de EL_g destas mesmas rações, de 1,08 e 1,30 Mcal/kg MS, respectivamente. Estes valores estão próximos aos encontrados para as dietas com concentração de EM semelhante. Vêras (2000), trabalhando com animais Nelore, para uma dieta com 2,60 Mcal de EM/kg MS, encontrou menor concentração de EL_m (1,46 Mcal/kg MS) e maior concentração de EL_g (1,27 Mcal/kg MS). A k_m estimada para uma dieta

Tabela 3 - Consumo de matéria seca (CMS), concentrações energéticas e eficiências de utilização da energia metabolizável para manutenção (k_m) e ganho (k_f)Table 3 - Dry matter intake (DMI), energy concentration and efficiency of metabolizable energy utilization (EMEU) calculated for maintenance (k_m) and for weight gain (k_f)

Item	Nível de concentrado na dieta Level of concentrate in the diet			
	20	40	60	80
CMS manutenção (g/PCVZ ^{0,75}) DMI maintenance (g/EBW ^{0,75})	49,66	46,47	45,27	45,53
CMS ganho (g/PCVZ ^{0,75}) DMI gain (g/EBW ^{0,75})	49,73	58,60	54,69	40,66
NDT (%) TDN (%)	73,44	78,64	80,67	80,16
EM (Mcal/kg de MS) ME (Mcal/kg DM)	2,65	2,84	2,92	2,90
ELm (Mcal/kg de MS) NEm (Mcal/kg DM)	1,68	1,80	1,85	1,84
ELg (Mcal/kg de MS) NEg (Mcal/kg DM)	0,81	1,02	1,10	1,26
k_m^1	0,63	0,63	0,63	0,63
k_f^2	0,30	0,35	0,38	0,43
k_f^2	0,26	0,25	0,32	0,40

¹ Calculada a partir dos dados do presente trabalho (calculated from data obtained in this study).² Estimada segundo o NRC (1996), utilizando-se dados do presente trabalho (Estimated in accordance with NRC [1996] using data obtained in this study).

com 2,6 Mcal de EM/kg MS, segundo Garrett (1980a), seria de 65,1%, valor próximo ao obtido no presente trabalho. Vêras (2000) obteve k_m de 56% para dietas com EM variando de 2,10 a 2,60 Mcal/kg MS.

As equações que geraram os resultados para a estimativa das k_f como sendo os coeficientes de regressão das relações lineares entre a ER (Y) e o CEM (X), para os animais de cada tratamento (20, 40, 60 e 80% de concentrado), segundo preconizado pelo NRC (1996) e Ferrell & Jenkins (1998a,b), foram: $Y = -1,4704 + 0,2555 X$, $r^2 = 0,18$; $Y = -1,3669 + 0,2544 X$, $r^2 = 0,45$; $Y = -2,6804 + 0,3247 X$, $r^2 = 0,88$ e $Y = -3,6587 + 0,4048 X$, $r^2 = 0,67$. Portanto, as k_f estimadas apresentaram valores inferiores às k_f calculadas e ambas as formas foram inferiores aos valores encontrados por Vêras (2000). Ferreira et al. (1999), oferecendo dietas com EM variando de 2,30 e 2,70 Mcal/kg MS, a animais F1 Simental x Nelore, observaram k_f próximas às deste experimento (0,23 a 0,42).

As exigências de EM, ED e NDT para manutenção, para diferentes pesos vivos e corpo vazio, são mostradas na Tabela 4, na qual se observam aumentos nestes requisitos, à medida que o peso corporal se eleva, apresentando a mesma tendência das exigências líquidas de energia para manutenção.

Considerando-se a k_m obtida, de 0,63, e o valor de 83,70 kcal/kgPCVZ^{0,75} como requisito líquido de energia para manutenção (Silva, 2001), as exigências de EM para manutenção seriam de 132,9 kcal/PCVZ^{0,75}; as de ED, 162,0 kcal/PCVZ^{0,75}; e as de NDT, 36,7 g/PCVZ^{0,75}, valores inferiores aos encontrados por Vêras (2000), com Nelores não-cas-

Tabela 4 - Exigências diárias de energia metabolizável (EM) e energia digestível (ED), expressos em Mcal/dia, e requisitos de NDT (kg/dia), para manutenção de bovinos Nelore, em função do peso vivo (PV)

Table 4 - Daily metabolizable energy (ME) and digestible energy (DE) requirements, in Mcal/day, and TDN requirements (kg/day), for Nelore bulls in function of live weight (LW)

PV (kg)	EM (Mcal/dia)	ED (Mcal/dia)	NDT (kg/dia)
LW (kg)	ME (Mcal/day)	DE (Mcal/day)	TDN (kg/day)
200	6,52	7,95	1,80
250	7,70	9,39	2,13
300	8,83	10,77	2,44
350	9,91	12,09	2,74
400	10,96	13,36	3,03
450	11,97	14,60	3,31

PCVZ = PV * 0,8975.

trados, e por Ferreira et al. (1999), com F1 Simental x Nelore, também não-castrados.

O ajuste de uma equação relacionando as concentrações de ELg, em função das concentrações de EM das dietas do presente trabalho, apresentou-se na forma linear, sendo $ELg = - 3,2033 + 1,5045 EM$, $r^2 = 0,11$. A partir desta relação foram estimadas as eficiências de utilização da EM de duas dietas com teores diferentes de EM (2,7 e 2,9 Mcal/kg MS) e as respectivas exigências de EM e NDT (Tabela 5). Ferreira et al. (1999) e Vêras (2000) obtiveram uma relação cúbica entre ELg e EM, com os seguintes modelos: $ELg = - 54,764 EM^3 + 391,28 EM^2 - 927,84 EM + 731,13$, $R^2 = 0,64$, $ELg = 4,871 EM^3 - 37,609 EM^2 + 97,642 EM - 84,232$, $R^2 = 0,93$; respectivamente.

Na Tabela 5, são apresentadas as estimativas dos requisitos de ELg, em Mcal/kg ganho de peso vivo (GPV), de EM para ganho de peso, em Mcal por kg de ganho de PV (Mcal/kg GPV), e de NDT, em kg/kg de GPV, utilizando-se a relação entre os requisitos líquidos estimados para os dados em conjunto, por Silva (2001), e as k_f para as concentrações de EM de 2,7 e 2,9 Mcal/kg de MS, obtidas no presente trabalho. Apenas foram utilizados os valores relativos às exigências líquidas de energia dos dados em conjunto, porque o teste de identidade

de modelos, de acordo com a metodologia recomendada por Regazzi (1996), indicou não haver diferença entre os tratamentos, níveis de concentrado e de proteína bruta da dieta.

As exigências de EM aumentaram, à medida que o peso corporal se elevou, o que concorda com o AFRC (1993), que estimou aumento nos requisitos de EM para ganho de 1 kg, de 79 para 95 MJ/dia, com a elevação do peso corporal de 300 para 400 kg, respectivamente.

As exigências líquidas e totais para diferentes pesos vivos e taxas de ganho de peso vivo estão apresentadas na Tabela 6. As exigências totais de EM (manutenção + ganho de 1 kg de PV) e de NDT de um animal pesando 400 de PV foram de 21,24 Mcal/dia e 5,87 kg/dia, respectivamente. O requisito de NDT é semelhante ao recomendado pelo NRC (1984) para um bovino não-castrado de porte médio, com peso vivo aproximado de 400 kg, ganhando cerca de 1 kg/dia, que é próximo a 6,0 kg/dia. Vêras (2000) encontrou exigência de NDT para esta mesma categoria, com a mesma taxa de ganho de peso: 5,30 kg/dia.

As exigências líquidas para ganho de PCVZ foram convertidas para ganho de PV segundo multiplicação pelo fator 0,96, obtido por Silva (2001).

Tabela 5 - Estimativa das exigências de energia líquida para ganho de peso (ELg) e energia metabolizável (EM), em Mcal/kg ganho de peso vivo (GPV) e de nutrientes digestíveis totais (NDT), em kg/kg GPV, em função das concentrações de EM da dieta (Mcal/kg de MS), e das respectivas eficiências de utilização da energia metabolizável para ganho de peso (k_f), em %, de bovinos Nelore

Table 5 - Estimate of net energy requirement for weight gain (NEg) and metabolizable energy (ME), in Mcal/kg of live weight gain (LWG), and total digestible nutrients (TDN), in kg/kg LWG, in function of dietary ME concentrations (Mcal/kg DM) and the respective efficiency of metabolizable energy utilization for weight gain (k_f), in %, of Nelore bulls

PV (kg) LW (kg)	EM da dieta Dietary ME					
	2,7 ($k_f=0,318$)			2,9 ($k_f=0,400$)		
	Exigência Requirement					
	ELg NEg	EM ME	NDT TDN	ELg NEg	EM ME	NDT TDN
200	1,94	6,11	1,69	1,94	4,86	1,34
250	2,30	7,23	2,00	2,30	5,75	1,59
300	2,64	8,28	2,29	2,64	6,59	1,82
350	2,96	9,30	2,57	2,96	7,40	2,05
400	3,27	10,28	2,84	3,27	8,18	2,26
450	3,57	11,23	3,11	3,57	8,93	2,47

PCVZ = PV * 0,8975.

Tabela 6 - Exigências nutricionais de energia e proteína para animais Nelore não-castrados nas fases de recria e engorda
 Table 6 - Nutritional requirements of energy and protein for Nelore bulls, during the growing and fattening phases

Peso vivo, kg		200	250	300	350	400	450	500
<i>Live weight, kg</i>								
Exigências de manutenção								
<i>Maintenance requirements</i>								
ELm ¹	Mcal/d	4,10	4,85	5,56	6,25	6,90	7,54	8,16
<i>NEm</i>								
PMm ²	g/d	202,1	238,9	273,9	307,5	339,9	371,3	401,8
<i>MPm</i>								
Exigências para ganho		ELg requerida para ganho, Mcal/d³						
<i>Gain requirements</i>		<i>NEg required for gain, Mcal/d</i>						
GMD	0,70 kg/d	1,37	1,62	1,86	2,09	2,31	2,52	2,73
DWG	1,00 kg/d	1,94	2,30	2,64	2,96	3,27	3,57	3,87
	1,30 kg/d	2,51	2,97	3,41	3,82	4,23	4,62	5,00
		PM requerida para ganho, g/d^{4,5}						
		<i>MP required for gain, g/d</i>						
GMD	0,70 kg/d	162,07	176,59	193,92	207,93	208,11	208,29	208,47
DWG	1,00 kg/d	258,09	281,17	308,73	331,00	331,27	331,52	331,77
	1,30 kg/d	354,10	385,76	423,55	454,08	454,42	454,75	455,07
Exigências totais		EM, Mcal/d⁶						
<i>Total requirements</i>		<i>ME, Mcal/d</i>						
GMD	0,70 kg/d	10,83	12,80	14,68	16,48	18,21	19,89	21,53
DWG	1,00 kg/d	12,63	14,93	17,12	19,22	21,24	23,20	25,11
	1,30 kg/d	14,42	17,04	19,54	21,94	24,25	26,49	28,67
		NDT, kg/d⁷						
		<i>TDN, kg/d</i>						
GMD	0,70 kg/d	3,00	3,54	4,06	4,56	5,04	5,50	5,96
DWG	1,00 kg/d	3,49	4,13	4,73	5,32	5,87	6,42	6,95
	1,30 kg/d	3,99	4,71	5,41	6,07	6,71	7,33	7,93
		PB, g/d⁸						
		<i>CP, g/d</i>						
GMD	0,70 kg/d	542	618	696	767	815	862	908
DWG	1,00 kg/d	685	774	867	950	999	1046	1092
	1,30 kg/d	828	930	1038	1133	1182	1229	1275

¹ ELm = 83,7 kcal/kg PCVZ^{0,75} (Silva, 2001).

² PMm = 3,8 g/kg^{0,75} (NRC, 1996).

³ ELg = 0,0413 * PCVZ^{0,75} * GDPCVZ^{0,978} (Silva, 2001).

⁴ PR = - 39,02 + (0,4166 * Elg) + (200,64 * GMD) (Silva, 2001).

⁵ PM = exigências líquidas/0,492 para PCVZ ≤ 300 kg ou exigências líquidas/(83,4 - (0,114 x PCVZ)) para PCVZ ≤ 300 kg (NRC, 1996).

⁶ k_m = 0,63 e k_f = 0,32 (dieta com 2,7 Mcal/kg MS).

⁷ NDT = EM/0,82/4,409 (NRC, 1996).

⁸ PB = PM total/0,672 (NRC, 1996).

As exigências líquidas para ganho de PCVZ foram convertidas para ganho de PV segundo multiplicação pelo fator 0,96, obtido por Silva (2001).

Conclusões

A eficiência de utilização da EM para manutenção (k_m) foi de 63% e para ganho (k_p) variou entre 31,8 e 40% para dietas, com teor de EM entre 2,7 e 2,9 Mcal/kd de MS, semelhantes às recomendações do NRC (1996).

As exigências totais de EM, ED e NDT encontradas neste experimento, para animais Nelore, foram inferiores ao recomendado pelo NRC (1996).

Literatura Citada

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: Commonwealth Agricultural Bureaux International, 1993. 159p.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of ruminants livestock**. London: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1980. 351p.
- BOIN, C. Alguns dados sobre exigências de energia e de proteína de zebuínos. In: PEREIRA, J.C. ed. SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1995. p.457-466.
- CATTON, J.S.; DHUYVETTER, D.V. Influence of energy supplementation on grazing ruminants: Requirements and responses. **Journal of Animal Science**, v.75, p.533-542, 1997.
- FERREIRA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso e exigências de energia metabolizável e nutrientes digestíveis totais de bovinos F1 Simental x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.2, p.368-373, 1999.
- FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high-concentrate diet during the finishing period: I. Angus, Belgian Blue, Hereford, and Piedmontese Sires. **Journal of Animal Science**, v.76, p.637-646, 1998a.
- FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high-concentrate diet during the finishing period: II. Angus, Boran, Brahman, Hereford, and Tuli sires. **Journal of Animal Science**, v.76, p.647-657, 1998b.
- FONTES, C.A.A. Composição corporal, exigências líquidas de nutrientes para ganho de peso e desempenho produtivo de animais zebuínos e mestiços europeu-zebu. Resultados experimentais. In: PEREIRA, J.C. (Ed.). SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: CARD, 1995. p.419-455.
- GARRETT, W.N. Energy utilization by growing cattle as determined in 72 comparative slaughter experiments. In: MOUNT, L.E. (Ed.) SYMPOSIUM OF ENERGY METABOLISM, 8., 1980, Cambridge. **Proceedings...** London: Butterworths, 1980a. p.3-7. (EAAP Publication, 28).
- GARRETT, W.N. Factors influencing energetic efficiency of beef production. **Journal of Animal Science**, v.51, n.6, p.1434-1440, 1980b.
- HARRIS, L.F. **Nutrition research technique for domestic and wild animal**. Logan: 1970.
- ÍTAVO, L.C.V. **Consumo, digestibilidade e eficiência microbiana de novilhos alimentados com 20, 40, 60 e 80% de concentrado**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- LANA, R.P. **Composição corporal e exigências de energia, proteína e macroelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K) de novilhos de 5 grupos raciais, em confinamento**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1991. 134p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1991.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 6.ed. Washington, D.C.: 1984. 90p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: 1996. 242p.
- RATTRAY, P.D.; JOYCE, J.P. Utilization of metabolizable energy for fat and protein deposition in sheep. **Journal of Agriculture**, v.19, n.2, p.299-305, 1976.
- REGAZZI, J.A. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.1, p.1-17, 1996.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1990. 165p.
- SILVA, F.F. **Desempenho, características de carcaça, composição corporal e exigências nutricionais (de energia, proteína, aminoácidos e macrominerais) de novilhos Nelore, nas fases de recria e engorda, recebendo diferentes níveis de concentrado e proteína**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 211p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livroceres. 1979. 380p.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. 2. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- VALADARES FILHO, S.C. Nutrição de bovinos de corte: Problemas e perspectivas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32., 1995. Brasília. **Anais...** Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Zootecnia 1995. p.156-161.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed., Ithaca: Cornell University Press. 1994. 476p.
- VÉRAS, A.S.C. **Consumo, digestibilidade, composição corporal e exigências nutricionais de bovinos Nelore alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 192p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.

Recebido em: 29/04/01

Aceito em: 29/11/01